

文章编号:1671-8879(2012)05-0018-05

英安岩吸水率对沥青混合料的影响及处理方法

刘克非¹, 蒋 康²

(1. 中南林业科技大学 土木工程与力学学院, 湖南 长沙 410004; 2. 湖南省交通科学研究院, 湖南 长沙 410015)

摘 要:以英安岩吸水率为研究对象,通过吸水率试验和马歇尔试验,分析了不同吸水率条件下沥青混合料最佳油石比的差异;采用正交试验和路用性能试验,验证了改善集料吸水率对沥青混合料最佳油石比及路用性能的影响,并分析了原因。结果表明:英安岩集料吸水率越大,混合料最佳油石比越大,集料吸水率变化导致的最佳油石比差异直接影响混合料的施工性能和路用性能;添加 0.1% 的木质素纤维可有效改善英安岩集料吸水率变异性对混合料最佳油石比的不利影响,且其路用性能显著优于普通英安岩混合料。

关键词:道路工程;英安岩;吸水率;最佳油石比;路用性能

中图分类号:U414.1

文献标志码:A

Effect of specific absorption of dacite on asphalt mixture and its treatment

LIU Ke-fei¹, JIANG Kang²

(1. School of Civil Engineering and Mechanics, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Hunan Communications Research Institute, Changsha 410015, Hunan, China)

Abstract: Taking water absorption of dacite as object, the difference of optimal asphalt contents of asphalt mixtures under different water absorptions were analyzed by the water absorption test and the marshall test. The influence of absorption on optimal asphalt content and pavement performance of asphalt mixture was verified by orthogonal test and performance test, and the causes were analyzed. The results show that the higher water absorption of dacite, the more optimal asphalt content of mixture, the different optimal asphalt contents which were induced by different specific absorptions of aggregates may directly affect the workability and pavement performance of asphalt mixture. Asphalt mixture with a content of 0.1% lignin fiber can effectively improve the adverse effect of absorption variability of dacite aggregate on the optimal asphalt content of mixture, and its pavement performance is much better than that of common dacite asphalt mixture. 7 tabs, 1 fig, 15 refs.

Key words: road engineering; dacite; water absorption; optimal asphalt content; pavement performance

0 引言

英安岩作为一种中酸性喷出岩,其矿物成分和化学成分与花岗闪长岩或石英闪长岩相当,广泛分布于中国西南部地区,在广西、贵州和云南地区的高速公路修建中作为面层集料使用。在广西南宁—友谊关高速公路的实际建设中,发现了前、后期生产的英安岩集料吸水率不稳定,集料吸水率的变异性会对沥青混合料带来不利影响,使混合料路用性能下降。从国内外研究现状来看,各国研究者在评价混合料的水稳定性方面都建立了较合理的评价体系和评价标准;在预防水损害的措施上,国外较多采用掺加石灰的方法,而国内通常掺加液体抗剥落剂,并在路面内部设置排水结构层。贾渝较为详细地介绍了美国常用的9种沥青混合料水损害试验方法^[1];沙庆林院士对半刚性基层沥青路面的早期水破坏进行了系统研究^[2];沈金安对解决高速公路沥青路面水损害的技术途径进行了总结和探讨^[3];李律秋等对早期水损害进行了机理分析,并提出了相应的防治措施^[4]。英安岩本身与沥青吸附性较好,但其吸水率的较大变异性对混合料的配合比设计、生产和使用都带来诸多不利影响。为此,本文通过一系列室内试验,分析英安岩吸水率差异性对沥青混合料最佳油石比的影响,并提出稳定混合料油石比的措施(适量添加纤维),最后验证其路用性能。

1 英安岩吸水率的变异性与最佳油石比测定

1.1 英安岩吸水率变异性

英安岩属憎水性石料,其表面粗糙、孔隙多,与沥青的吸附性较好,但因此也存在着吸水性能不稳定的缺点。中国《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)对高速公路和一级公路沥青面层用粗集料的吸水率规定为小于或等于2%,只有多孔玄武岩在限定条件下可放宽至3%,且不可用于SMA路面。从沥青混合料配合比设计和路用性能方面来看,集料吸水率的较大差异会产生以下不利影响:①集料吸水率的差异会导致拌制混合料时集料对沥青吸收量的差异,进而造成计算空隙率与压实试件的实测空隙率有出入,影响配合比的设计;

②在混合料拌制时,英安岩集料表面较多的开口孔隙会增大沥青用量,孔隙中的水分还会使烘料时间延长,浪费燃料;③若集料烘干不充分,存留的水分既影响混合料耐久性,又会增大混合料的流动性而难以压实,单纯增加碾压遍数易使细集料上浮而难以控制平整度^[5]。

1.2 不同英安岩集料吸水率及其最佳油石比

采用广西地区生产的英安岩制备集料,其中前期生产的集料为I料,后期生产的集料为II料,为增加对比,将I、II料混掺后制备以下3种集料(质量比):I料:II料=2:1(III料);I料:II料=1:1(IV料);I料:II料=1:2(V料)。采用深圳路安特改性沥青拌制AC-13混合料(各档筛孔通过率见表1),并按马歇尔击实方法,以4%作为目标空隙率确定5种集料的最佳油石比^[6-9]。试验结果列于下页表2中。

由表2可知,英安岩各档集料的吸水率存在较大差异,II料吸水率明显大于I料,且细料吸水率值均显著高于规范规定值;III、IV、V混掺料的吸水率测试值也表明,II料的掺配比例直接影响其吸水率大小;英安岩各集料拌制的沥青混合料最佳油石比对吸水率变化较敏感,集料综合吸水率越大,混合料最佳油石比越大,I料与II料的最佳油石比相差达0.6%,其沥青用量可相差11.8%。这说明,集料吸水率的差异会直接影响混合料最佳油石比的大小,进而影响沥青及其他辅剂的用量。

1.3 吸水率变异性对混合料的影响

分别将I、II料在最佳油石比和互换油石比的条件下制备试件,测试其物理、力学指标,结果列于下页表3中。

从表3的结果来看,I料由最佳油石比5.10%变化至5.70%时,各物理、力学指标未产生较大差异,但实际油量已高出最佳油量11.8%,过多的沥青易使混合料在施工过程中产生漏油,且在道路运营过程中产生泛油、拥包等病害;II料由最佳油石比5.70%降低至5.10%时,空隙率由5.4%增加至6.8%。若将这一结果换算至实际路面施工中,97%压实度条件下现场实际空隙率将达到10%左右,正处于8%~16%的危险区域中,沥青面层极易出现氧化变脆和透水松散。

表1 AC-13混合料各档筛孔通过率

Tab. 1 Weight percentage of AC-13 after following sieve pores

粒径/mm	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	100	92	67	41	30	24	18	13	11	8

表2 各集料吸水率及最佳油石比

Tab. 2 Water absorption and optimal asphalt content of each aggregate

项目	集料编号					
	V料	I料	II料	III料	IV料	
不同规格(mm)集料的吸水率/%	16.0~13.2	1.205	1.511	1.306	1.359	1.408
	13.2~9.5	1.371	1.580	1.440	1.477	1.509
	9.5~4.75	1.688	2.640	2.004	2.165	2.321
	4.75~2.36	2.256	2.772	2.427	2.510	2.601
	2.36~1.18	2.192	2.826	2.403	2.515	2.613
	1.18~0.6	2.244	2.903	2.463	2.574	2.682
	0.6~0.3	2.271	2.943	2.494	2.608	2.718
	0.3~0.15	2.284	2.964	2.510	2.625	2.735
	0.15~0.075	2.291	2.973	2.518	2.633	2.744
综合吸水率/%	1.630	2.158	1.805	1.895	1.981	
最佳油石比/%	5.10	5.70	5.24	5.35	5.56	
最佳油石比下沥青混合料密度/(g·cm ⁻³)	2.277	2.293	2.206	2.214	2.283	

表3 I、II料在不同油石比下的物理、力学指标

Tab. 3 Physical and mechanical indexes of I and II aggregate with different asphalt contents

材料	油石比/%	毛体积密度/(g·cm ⁻³)	空隙率/%	矿料间空隙率/%	沥青饱和度和/%	稳定度/kN	流值/mm
I料	5.10	2.277	4.1	15.5	72.9	9.121	2.236
	5.70	2.269	3.9	15.4	74.6	7.702	2.241
II料	5.70	2.293	5.4	16.3	67.9	11.173	3.795
	5.10	2.275	6.8	15.1	69.2	10.481	2.826

以上结果表明,广西地区前、后期生产的英安岩集料吸水率存在较大变异性,导致混合料配比设计中最佳油石比偏差较大,进而影响其施工和易性、路面透水性和高温稳定性等,因此必须找出适当方法加以解决。

2 纤维沥青混合料试验

2.1 添加纤维改善最佳油石比

由室内正交试验结果可知,掺加木质素纤维可减少英安岩集料吸水率对最佳油石比的影响,纤维添加量对最佳油石比的影响如图1所示^[10-11]。

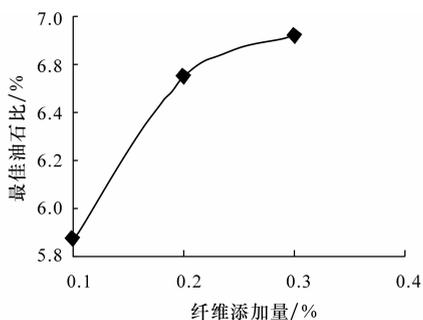


图1 纤维添加量对最佳油石比的影响

Fig. 1 Influence of fiber addition on optimal asphalt content

从混合料常规最佳用油量和经济角度出发,将纤维用量定为0.1%。为进行验证,将I、II料仍然

按照AC-13级配拌制混合料,同时掺加0.1%的木质素纤维,进行马歇尔试验后,测得2种混合料最佳油石比均为5.9%。由此可知,通过添加0.1%的木质素纤维拌制沥青混合料,可有效改善英安岩集料吸水率变异性对混合料最佳油石比的不利影响,将最佳油石比稳定在5.9%,解决了英安岩吸水率变异性给施工控制带来的难题^[12-13]。这主要是,因为吸水率大的集料表面开口孔隙较多,导致烘干后拌制沥青混合料时最佳油石比显著增大。纤维的加入可有效填封集料表面的开口孔隙,进而调整混合料最佳油石比。

2.2 路用性能检验

为了检验添加纤维是否对沥青混合料路用性能产生不利影响,比较纤维添加前后英安岩沥青混合料路用性能的变化,通过室内试验验证混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和疲劳耐久性。其中,高温稳定性和水稳定性验证分别采用《沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000)中的标准车辙试验、浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验;低温抗裂性验证采用30 mm×35 mm×250 mm的小梁弯曲试验和弯曲蠕变试验,测试纤维添加前后沥青混合料在-10℃、0℃下的弯曲性能;疲劳性能验证在MTS材料试验机上进行,按照应力控制模式,测试50 mm×50 mm×240 mm的梁式试件在半正弦波荷载作用下的应力水平和疲劳次数,进而回归疲劳方程。试验结果列于表4、下页表5~表7中。

表4 车辙试验结果

Tab. 4 Rutting test results

纤维用量/%	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	60 min 变形量/mm	变异系数/%
0	4 615	1.586	8.55
0.1	5 712	1.242	7.38

表 5 低温弯曲试验结果

Tab. 5 Test results of low temperature bending

纤维用量/%	不同温度(°C) 抗弯拉强度/MPa		不同温度(°C) 最大弯拉应变/%		不同温度(°C) 弯曲刚度模量/MPa		蠕变弯拉应力(0 °C)/ MPa	弯曲蠕变速率(0 °C)/ $10^{-6}(\text{s} \cdot \text{MPa})^{-1}$
	-10	0	-10	0	-10	0		
0	9.526	12.930	0.103	0.214	9 131	6 003	1.292	5.270
0.1	9.844	13.741	0.105	0.222	9 310	6 168	1.536	5.297

表 6 水稳定性试验结果

Tab. 6 Test results of water stability

纤维用量/%	MS/kN	MS ₁ /kN	MS ₀ /%	R ₁ /MPa	R ₂ /MPa	TSR/%
0	11.6	10.3	88.8	0.871	0.708	81.3
0.1	13.1	12.1	92.4	0.895	0.717	80.1

注:MS为30 min 马歇尔稳定度;MS₁为48 h 马歇尔稳定度;MS₀为残留稳定度;R₁为冻融前劈裂强度;R₂为冻融后劈裂强度;TSR为劈裂强度比。

表 7 疲劳性能试验结果

Tab. 7 Test results of fatigue properties

纤维用量/%	最大应力/MPa	应力比	疲劳寿命/次	k	n	判定系数 R ²
0	4.38	0.1	10 374	332.71	1.516	0.988
		0.2	4 127			
		0.3	2 314			
		0.4	1 341			
		0.5	869			
0.1	4.04	0.1	20 262	491.52	1.707	0.976
		0.2	9 397			
		0.3	5 325			
		0.4	1 881			
		0.5	1 419			

路用性能检验结果如下所述。

(1)纤维的加入可有效提高英安岩沥青混合料的高温稳定性。这主要是由于纤维可起到“稳固”沥青的作用,降低高温下沥青的软化速度和劲度下降的幅度;另外,纤维的“加筋”和“桥接”作用可在沥青胶浆中形成网络,增强骨料间的骨架作用,进一步延缓了沥青与骨料间的相对滑移,使变形量明显减小。

(2)纤维的加入可提高英安岩沥青混合料的低温抗裂性。一方面,纤维可吸附沥青中的轻质组分而使沥青变硬,增强其与矿料间的粘结强度,从而提高抗弯强度;另一方面,纤维的加筋作用可较好地抑制裂缝的产生与扩展,提高沥青混合料的破坏应变;第三,纤维的加入会略微加大混合料的沥青用量和孔隙率,使其柔度增大并起到“分散”和“扩散”作用,进一步提高混合料的蠕变速率,改善低温性能。

(3)纤维的加入可显著提高英安岩混合料的浸

水稳定度,且冻融前、后的劈裂强度均高于普通混合料。纤维使混合料中结构沥青含量增加,沥青的抗剥落性能得以改善;在相同的击实功作用下,纤维沥青混合料的孔隙率大于普通沥青混合料,冻融过程中产生的冻胀应力更大,因而马歇尔强度下降较多。

(4)依据试验结果,按应力控制模式,回归疲劳方程可表示为

$$N_f = k \left(\frac{1}{\sigma_0} \right)^n$$

式中: N_f 为试件破坏时的疲劳寿命(次); σ_0 为初始弯拉应力(MPa); k 、 n 均为回归系数。

在将应力水平和疲劳寿命进行双对数回归后得到的直线中, k 和 n 分别为直线的截距和斜率。 n 越大,疲劳曲线越陡,沥青混合料疲劳寿命对应力变化越敏感; k 越大,疲劳曲线线位越高,混合料抗疲劳性能越好。由表 7 可知,添加纤维的英安岩混合料对应力变化较敏感,且疲劳寿命明显优于普通混合料。在混合料中呈网状的“加筋”纤维可有效抑制裂缝的开展,并增加混合料的柔性,使细小裂纹更易愈合并阻裂;纤维的加入还可有效分散车轮荷载,消散应变能,降低应力集中效应,进而提高结构强度和整体性,延长道路使用寿命^[14-15]。

3 结 语

(1)英安岩集料吸水率的变异性对沥青混合料的最佳油石比影响较大,集料综合吸水率越大,混合料最佳油石比越大;集料吸水率的变异性对混合料的性能产生不利影响。

(2)添加纤维可有效改善英安岩集料吸水率变异性对混合料最佳油石比的不利影响,解决施工控制问题。

(3)添加 0.1% 木质素纤维的英安岩混合料路用性能良好,其高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和疲劳耐久性都显著优于普通英安岩混合料。

参考文献:

References:

[1] 贾 渝. 沥青混合料水损害试验方法及其评价[J]. 石

- 油沥青,1993(1):12-18.
- JIA Yu. The test methods and evaluation of water damage of asphalt mixture[J]. Petroleum Asphalt, 1993(1):12-18. (in Chinese)
- [2] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期损坏与对策[J]. 长沙理工大学学报:自然科学版,2006,3(3):1-6.
- SHA Qing-lin. The premature damage of bituminous pavement on expressway and the countermeasures[J]. Journal of Changsha University of Science and Technology:Natural Science,2006,3(3):1-6. (in Chinese)
- [3] 沈金安. 解决水损害早期破坏的技术途径[J]. 公路,2000(5):71-76.
- SHEN Jin-an. The technical ways to solve early water damage of expressway asphalt pavement[J]. Highway,2000(5):71-76. (in Chinese)
- [4] 李律秋,俞晟鑫,熊智宇. G321 国道沥青路面水损害成因及解决方法[J]. 筑路机械与施工机械化,2008,25(7):52-54.
- LI Lu-qiu, YU Cheng-xin, XIONG Zhi-yu. Causes and solution for water damage of asphalt pavement[J]. Road Machinery Construction Mechanization,2008,25(7):52-54. (in Chinese)
- [5] JTG E42—2005,公路工程集料试验规程[S].
- JTG E42—2005, Test methods of aggregate for highway engineering[S]. (in Chinese)
- [6] Sebaaly P E, Lake A, Epps J. Evaluation of low temperature properties of HMA mixtures[J]. Journal of Transportation Engineering,2001,128(6):578-586.
- [7] JTJ 052—2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- JTJ 052—2000, Standard test methods of bitumen and bituminous mixtures for highway engineering[S]. (in Chinese)
- [8] 吴刚,张卫年. 沥青混合料用细集料的密度及吸水率坍落度法试验研究[J]. 常州工学院学报,2010,23(5):16-19.
- WU Gang, ZHANG Wei-nian. A testing study of slump method of bituminous mixture with fine aggregate density and water-absorbency[J]. Journal of Changzhou Institute of Technology,2010,23(5):16-19. (in Chinese)
- [9] 黄宝涛,李家春,崔娥,等. 基于路用性能的沥青混合料的最佳沥青用量[J]. 长安大学学报:自然科学版,2009,29(2):28-32.
- HUANG Bao-tao, LI Jia-chun, CUI E, et al. Optimum asphalt mixture content based on pavement performance[J]. Journal of Chang'an University:Natural Science Edition,2009,29(2):28-32. (in Chinese)
- [10] 彭波. 木质素纤维在沥青混合料中的应用[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版,2005,37(1):104-107.
- PENG Bo. Application of methyl cellulose in bituminous mixtures[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology:Natural Science Edition,2005,37(1):104-107. (in Chinese)
- [11] 陈华鑫,张争奇,胡长顺. 纤维沥青路用性能机理[J]. 长安大学学报:自然科学版,2002,22(6):5-7.
- CHEN Hua-xin, ZHANG Zheng-qi, HU Chang-shun. Interaction mechanism of asphalt with fiber in pavement[J]. Journal of Chang'an University:Natural Science Edition,2002,22(6):5-7. (in Chinese)
- [12] 杨瑞华,李宇峙,黄云涌. 集料吸水率对沥青混合料最佳油石比的影响[J]. 长沙交通学院学报,2006,24(4):52-55.
- YANG Rui-hua, LI Yu-zhi, HUANG Yun-yong. Effects of specific absorption of aggregate of optimum proportion of asphalt[J]. Journal of Changsha Communications University,2006,24(4):52-55. (in Chinese)
- [13] 李碧,邓泰,赵小强. 集料吸水率对沥青混合料最佳油石比的影响[J]. 湖南交通科技,2011,37(4):17-20.
- LI Bi, DENG Tai, ZHAO Xiao-qiang. Effects of specific absorption of aggregate of optimum proportion of asphalt[J]. Hunan Communication Science and Technology,2011,37(4):17-20. (in Chinese)
- [14] 刘克非. 纤维沥青胶浆及沥青混合料路用性能研究[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2011,30(3):407-410,484.
- LIU Ke-fei. Study on pavement performance of fiber asphalt mortar and its mixtures[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University:Natural Science,2011,30(3):407-410,484. (in Chinese)
- [15] 刘克非. 不同纤维对 SMA 路用性能的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版,2011,31(4):16-22.
- LIU Ke-fei. Influence of different fibers on road performance of SMA[J]. Journal of Chang'an University:Natural Science Edition,2011,31(4):16-22. (in Chinese)